

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-139345

(43)公開日 平成9年(1997)5月27日

(51)IntCl*	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 21/027			H01L 21/30	569C
G03F 7/30	501		G03F 7/30	501
			H01L 21/30	569F

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全6頁)

(21)出願番号 特願平8-278278

(22)出願日 平成8年(1996)10月21日

(31)優先権主張番号 005762

(32)優先日 1995年10月20日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 590000879

テキサス インスツルメンツ インコーポ  
レイテッドアメリカ合衆国テキサス州ダラス、ノース  
セントラルエクスプレスウェイ 13500

(72)発明者 シェーン アール、パーマー

アメリカ合衆国テキサス州ダラス、コッパ  
ータウン レーン 8600、アパートメント  
ナンバー 1001

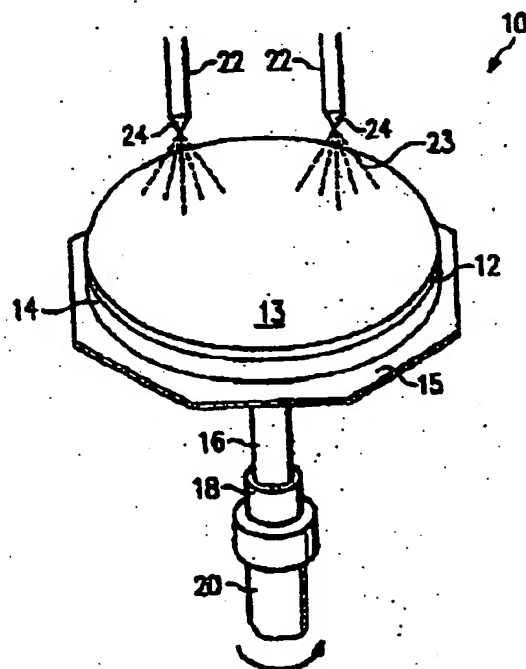
(74)代理人 弁理士 浅村 皓 (外3名)

(54)【発明の名称】 フォトリソートの処理および現像のための装置と方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 半導体製造処理工程において、縦横比の大きいフォトリソート構造体を均一にかつ安いコストで現像する装置および方法を提供する。

【解決手段】 フォトリソート層12およびウエハ14を噴霧ノズル22を備えた液体現像剤源の下に配置し、フォトリソートの現像が行われる。液体現像剤がフォトリソート層の上側表面13に送られて堆積した後、超音波結合装置18により超音波信号がフォトリソート層12に加えられる。フォトリソート層から液体現像剤を除去するために、上側回転子16が前記フォトリソート層および前記ウエハを回転させる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 ウエハと、

複数個の未現像の構造体を有し、かつ前記ウエハの上に配置され、かつ上側表面を有する、フォトレジスト層と、

前記フォトレジスト層の前記上側表面に一定量の現像剤を供給するために前記フォトレジスト層の上に配置された液体現像剤源と、

前記ウエハに結合された回転子と、

前記フォトレジスト層の上の前記現像剤に超音波振動信号を送るために前記回転子に結合された超音波結合装置と、を有する、フォトレジスト現像装置、

【請求項2】 現像されるべきフォトレジスト層を回転する段階と、

前記フォトレジスト層に一定量の現像剤を噴霧する段階と、

前記現像剤に超音波振動信号を加える段階と、

前記フォトレジスト層の上側表面から前記現像剤を振り落とすために回転する段階と、を有する、フォトレジスト層の中の構造体を現像する方法、

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、全体的にいえば、半導体の分野に関する。さらに詳細にいえば、フォトレジストの処理および現像のための装置と方法に関する。

## 【0002】

【発明が解決しようとする課題】半導体を製造する際、半導体ウエハの寸法が大きくなると共に、およびフォトレジスト構造体の寸法が小さくなると共に、非常に微細でかつ精密なフォトレジスト構造体を均一に現像することは難しくなる。半導体ウエハの表面面積領域が大きくなってきているが、そしてフォトレジスト構造体の寸法が小さくなってきているが、フォトレジスト層の厚さはそれ程変わってはいない。その結果、フォトレジスト構造体はますます細くなり、そして縦横比はますます大きくなる。フォトレジスト構造体の縦横比とは、フォトレジスト構造体の内部の1つの構造体の幅に対するその構造体の高さの比である。フォトレジスト構造体の高さは、フォトレジスト層の厚さに等しい。したがって、大きな縦横比を有するフォトレジスト構造体はその高さに比べて非常に細い内部構造を有し、一方小さな縦横比を有するフォトレジスト構造体はその高さに比べて幅の広い内部構造を有する。

【0003】露光されたフォトレジスト構造体の現像、すなわち除去、の期間中、小さな縦横比を有する露光されたフォトレジスト構造体は、大きな縦横比を有する露光されたフォトレジスト構造体よりも、現像剤によって容易に除去される。新鮮な現像剤が補給される速度は、消費された現像剤を置き換える速度を表す。大きな縦横比を有する露光されたフォトレジスト構造体では、新鮮

な現像剤が補給される速度は小さい。大きな縦横比を有する露光されたフォトレジスト構造体では新鮮な現像剤が補給される速度が小さくなるために、小さな縦横比を有する露光されたフォトレジスト構造体よりも、大きな縦横比の構造体における除去は遅い。

【0004】露光されたフォトレジスト構造体を均一に現像するために、いくつかの技術が開発されている。1つのような技術は、フォトレジスト層の上に現像剤を噴霧し、そしてウエハを高速で回転する技術である。けれども、この技術では、露光されたフォトレジスト構造体がいくらか不均一に現像されるという結果が得られた。この場合、フォトレジスト構造体を受ける遠心力は非常に大きく、特にウエハの端部に作用する遠心力は非常に大きく、そのためにフォトレジスト構造体が倒れて落下することが起こることがある。さらに、ウエハの回転作用のために、そして現像剤とフォトレジスト構造体との間の摩擦力および化学的力の作用を受けながら、現像剤がウエハの中心部から外側に流れることが起こり、そのために露光されたフォトレジスト構造体が不均一に現像されるということが起こることがある。

【0005】露光されたフォトレジスト構造体を現像するのに用いられる第2の技術は、水たまり現像である。水たまり現像とは、現像剤をウエハの全体に均一に分配して行う現像である。けれども、この場合、不均一な現像が行われることが多い。それは、ウエハの全面にわたって、単位面積当たりのフォトレジスト構造体の数が局部ごとに必ずしも一様でないためである。さらに、現像剤が停滞することがよくあり、そして細いフォトレジスト構造体の中で現像剤が消費されて稀薄化してしまうことにより、フォトレジスト層の現像または除去が停止することがある。幅の細いフォトレジスト構造体では、拡散が適切には起こらないので、新鮮な現像剤が補給されることが難しく、したがって現像剤は消費される一方なのでますます稀薄になり、そのために、細いフォトレジスト構造体の中では現像剤の効力はますます弱くなる。その結果、幅の小さいフォトレジスト構造体では、幅の大きいフォトレジスト構造体に比べて、除去の速度はますます遅くなる。

【0006】フォトレジスト構造体を現像するのに用いられるさらに別の技術は、現像剤の液体にフォトレジスト構造体を浸す浸漬現像技術である。けれども、浸漬現像技術は不経済な現像技術であり、そしてこの場合現像液は汚染を受けやすい。また、完全に浸す「浸漬現像工程」は、縦横比の大きな構造体の場合、新鮮な現像剤が補給される（消費された現像剤が除去される）のが難しいという問題点は完全には解決されない。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】したがって、フォトレジスト構造体に損傷を与えることなく、フォトレジスト構造体を均一に現像することが可能な、フォトレジストを

現像する装置と方法が要望される。本発明により、従来のフォトレジスト現像技術が有する欠点および問題点を実質的に有しない、または問題点が少ない、フォトレジスト現像のための装置および方法が得られる。

【0008】本発明の1つの実施例では、半導体ウエハの上に、未現像の多数個の構造体を備えたフォトレジストの層が配置される。1個または複数個の噴霧ノズルがフォトレジスト層の表面の上に現像剤を噴霧する時、回転子がウエハとフォトレジスト層とを回転する。現像剤がフォトレジスト層の表面の上に噴霧されている間、回転子に結合された超音波結合装置がウエハとフォトレジスト層とに超音波振動信号を送る。フォトレジスト層に加えられた超音波信号は、フォトレジスト層に振動を与える。このことにより、現像剤の拡散が促進されおよび細かいフォトレジスト構造体の中に新鮮な現像剤が補給される速度が増大し、そして露光されたフォトレジスト構造体の均一な現像を増進させることができる。

【0009】本発明の別の実施例では、現像剤の水たまりがフォトレジスト層の表面の上に沈着される。超音波振動信号がフォトレジスト層に加えられている間、現像剤のこの水たまりはフォトレジスト層の上に残留する。

【0010】開示されたフォトレジスト現像のための装置および方法の1つの重要な技術的利点は、露光されたフォトレジスト構造体を均一に現像することができることである。開示されたフォトレジスト現像装置の第2の技術的利点は、フォトレジストの現像コストが安いことである。開示されたフォトレジスト現像装置のさらに別の技術的利点は、フォトレジストの現像時間が短いことである。開示されたフォトレジスト現像装置のなおさらに別の技術的利点は、大きな表面面積領域を有するフォトレジスト層を現像する容量能力が改善されることである。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明およびその利点をさらに完全に理解するために、添付図面を参照しながら下記で詳細な説明を行う。添付図面において、同等な部品には同等の番号が付されている。

【0012】図1は、超音波結合フォトレジスト現像装置10の概略図である。標準的なフォトリソグラフィ技術により、半導体ウエハ14の上がフォトレジストの層12で被覆される。半導体ウエハ14は、例えば、シリコンのウエハであることができる。ウエハ14の上にフォトレジスト層12が配置された後、フォトレジスト層12の露光されたパターンが、標準的なフォトリソグラフィ技術に従って、フォトレジスト層12を光で照射することにより作成される。フォトレジスト層12は上側表面13を有する。

【0013】フォトレジスト層12の表面13に、現像剤が送られる。現像剤は液体であって、フォトレジスト層の露光された部分に作用し、そしてその部分を化学的

に除去する。ポジティブ・フォトレジストの場合、現像剤は未露光のフォトレジスト部分を除去する。本発明はポジティブ・フォトレジストの場合について説明されるが、本発明はポジティブ・フォトレジストの場合に限定されるわけではなく、ネガティブ・フォトレジストの場合にも同じように応用することができる。

【0014】チャック15は、フォトレジスト層12とウエハ14とを保持する。露光されたフォトレジスト部分が現像剤により現像、すなわち除去、される間、チャック15はフォトレジスト層12とウエハ14とを安定に保持する。チャック15の下側表面には、上側回転子16が取り付けられる。超音波結合装置18が、上側回転子16を下側回転子20に連結する。

【0015】図1に示された本発明の実施例では、1個または複数個の噴霧ノズル22を備えた液体現像剤源が、フォトレジスト層12およびウエハ14の上に配置される。噴霧ノズル22のそれぞれは、フォトレジスト層12の上側表面13にわたって、現像剤の穏やかな噴霧23を放出する。フォトレジスト層12の表面13のそれぞれの部分は、表面13の中心部分でもまたは周縁部分でも噴霧ノズル22からほぼ同じ量の現像剤の噴霧23を受けるように、一定量の現像剤の噴霧23がフォトレジスト層12の表面13にわたって行われる。

【0016】本発明の1つの実施例では、噴霧ノズル22から現像剤が噴霧されている間、上側回転子16がフォトレジスト層12とウエハ14とをゆっくり回転する。フォトレジスト層12とウエハ14の回転速度は、約50rpmないし約300rpmであることができる。噴霧ノズル22から噴霧された現像剤は、フォトレジスト層12の上側表面13に堆積する。フォトレジスト層12が回転する時、フォトレジスト層12の上に堆積した現像剤は、フォトレジスト層12の側面に振り落とされる力を受ける。フォトレジスト層12のゆっくりした回転は、フォトレジスト層12の上側表面13の上に行ける現像剤の水たまりの深さを制限する。回転をしない場合、フォトレジスト層12の表面13の上に堆積した現像剤の水たまりの深さは大きくなり、そしてこの寸法は表面13の上に液体を保持する粘性力によってのみ制限されるであろう。フォトレジスト層12のこのゆっくりした回転は、フォトレジスト層12の上側表面13の全体にわたって、現像剤の噴霧23がほぼ均一に分散することを助ける。

【0017】フォトレジスト層12の上側表面13に現像剤を噴霧する期間中、超音波結合装置18はフォトレジスト層12の表面13の上の現像剤に超音波信号を送って、現像剤を振動させる。超音波結合装置18は、フォトレジスト層12の上側表面13に堆積された現像剤に超音波振動信号を供給する。超音波振動信号は、上側回転子16の周縁軸に沿って進む。超音波結合装置18により送り出される超音波振動信号は、超音波周波数を

もった機械的振動の形式であることができる。超音波振動信号はまた、ウエハの上側部分に向かって進む超音波波形、すなわち音波、であることができる。フォトレジスト層12の上に堆積した現像剤に加えらる振動は、フォトレジスト層12の中の構造体の中に現像剤が正常に拡散するのを助ける。したがって、フォトレジストの構造体が細い構造体を有する場合、超音波結合装置18により供給される超音波振動は、これらの構造体の中に新鮮な現像剤を補給する速度を増大し、それにより、フォトレジスト層12の露光されたフォトレジスト構造体は、その構造体の縦横比には関係なく、一様に現像されるであろう。

【0018】したがって、噴霧ノズル22がフォトレジスト層12の表面13に現像剤を持続的に噴霧する間、超音波結合装置18により加えられる超音波振動信号はフォトレジスト層12に十分な振動を送り、それにより、フォトレジスト層12の構造体の中で消費されたまたは効力が減殺された現像剤を、振動により新鮮な現像剤で置き換えるまたは拡散により置き換える。効力が減殺された現像剤を置き換える新鮮な現像剤は、噴霧ノズル22から供給される。一方、過剰な現像剤は、フォトレジスト層12のゆっくりとした回転により、フォトレジスト層12の上側表面13から振り落とされる。

【0019】機械的な振動の場合、超音波結合装置18は、上側回転子16の周縁軸の方向に超音波振動を供給することができる。任意の種類の機械装置であることができる。このような装置の1つは、バネで結ばれそして超音波周波数で交互に反発および吸引するように磁化した、1対の磁石を備えた装置である。超音波振動の代わりに、超音波結合装置18は、上側回転子16の周縁軸の方向に伝搬する超音波波形を供給することができる。

【0020】図2は、本発明の第2実施例の図である。図2に示されているように、ホース26を備えた液体現像剤源は、フォトレジスト層12の表面13に一定量の現像剤を水たまりの形状に堆積する。フォトレジスト層12の表面13の上に堆積された現像剤の量が事前に測定され、それにより、フォトレジスト層12の表面13の上で粘性力によって現像剤がドームの形状に保持されるようにされる。前記で説明された噴霧技術の場合のように、フォトレジスト層12の表面13の上の水たまりの形状に堆積された現像剤に向けて、超音波結合装置18が超音波振動信号を送る。この振動信号は、フォトレジスト層12の上の細いフォトレジストの構造体の中に現像剤が拡散するのを促進する。フォトレジスト層12の細いフォトレジスト構造体の中の現像剤が振動を受ける結果、新鮮な現像剤が補給される速度が増大し、そしてフォトレジスト層12の構造体が均一に現像される。

【0021】超音波周波数とは、通常、人間の耳の可聴限界である20kHz以上の周波数をいう。超音波振動の強度と周波数は、フォトレジスト層12がウエハ14

から分離しないように、およびウエハ14がチャック15から分離しないように、調整されなければならない。同時にまた、共振効果が起こらないように、超音波振動の周波数と振幅が監視されなければならない。超音波振動信号の周波数と振幅は、一定または可変のいずれかであることができる。

【0022】露光されたフォトレジスト構造体が均一に現像されるという改良点を別にして、本発明のフォトレジスト現像装置を応用することにより、露光されたフォトレジスト構造体を除去するのに必要な現像剤の量を少なくし、そして露光されたフォトレジスト構造体を除去するのに必要な時間を短くすることができる。本発明のフォトレジスト現像装置に従いまた、さらに大きな表面面積領域を有するフォトレジスト層を現像する装置が得られる。ますます大きなウエハが製造に用いられてきているので、本発明のフォトレジスト現像装置により、大きなフォトレジスト層を現像剤噴霧の下で小さな角速度で回転し、そしてフォトレジスト層に加えらる超音波振動信号がフォトレジスト構造体の中に新鮮な現像剤を補給する速度を増大させることができる。装置と方法が得られる。

【0023】前記において本発明が詳細に説明されたが、本発明の範囲内において、種々の変更および置換が可能であることが分かるはずである。したがって、このような変更実施例および置換実施例はすべて、本発明の範囲内に包含されるものと理解されなければならない。

【0024】以上の説明に関して更に以下の項を開示する。

(1) ウエハと、複数の未現像の構造体を有し、かつ前記ウエハの上に配置され、かつ上側表面を有する、フォトレジスト層と、前記フォトレジスト層の前記上側表面に一定量の現像剤を供給するために前記フォトレジスト層の上に配置された液体現像剤源と、前記ウエハに結合された回転子と、前記フォトレジスト層の上の前記現像剤に超音波振動信号を送るために前記回転子に結合された超音波結合装置と、を有する、フォトレジスト現像装置。

(2) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記液体現像剤源が1個の噴霧ノズルを有する、前記フォトレジスト現像装置。

(3) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記液体現像剤源が複数の噴霧ノズルを有する、前記フォトレジスト現像装置。

(4) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記液体現像剤源がホースを有する、前記フォトレジスト現像装置。

(5) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記超音波結合装置が前記現像剤を超音波で励振することが可能な超音波の形式で超音波振動信号を供給す

る、前記フォトレジスト現像装置。

(6) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記超音波結合装置が前記ウエハおよび前記フォトレジスト層を機械的に振動する形式で超音波振動信号を供給する、前記フォトレジスト現像装置。

(7) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記ウエハおよび前記フォトレジスト層を機械的に振動する形式で超音波振動信号を供給するように磁化しかつバネで連結された1対の磁石を前記超音波結合装置が有する、前記フォトレジスト現像装置。

(8) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記液体現像剤源が1個の噴霧ノズルを有し、かつ前記超音波結合装置が前記現像剤を超音波で励振することが可能な超音波の形式で超音波振動信号を供給する、前記フォトレジスト現像装置。

(9) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記液体現像剤源が1個の噴霧ノズルを有し、かつ前記ウエハおよび前記フォトレジスト層を機械的に振動する形式で超音波振動信号を供給するように磁化しかつバネで連結された1対の磁石を前記超音波結合装置が有する、前記フォトレジスト現像装置。

【0025】(10) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記液体現像剤源がホースを有し、かつ前記超音波結合装置が前記現像剤を超音波で励振することが可能な超音波の形式で超音波振動信号を供給する、前記フォトレジスト現像装置。

(11) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記液体現像剤源がホースを有し、かつ前記超音波結合装置が前記現像剤を超音波で励振することが可能な超音波の形式で超音波振動信号を供給する、前記フォトレジスト現像装置。

(12) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記液体現像剤源がホースを有し、かつ前記超音波結合装置が前記ウエハおよび前記フォトレジスト層を機械的に振動する形式で超音波振動信号を供給する、前記フォトレジスト現像装置。

(13) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記液体現像剤源がホースを有し、かつ前記ウエハおよび前記フォトレジスト層を機械的に振動する形式で超音波振動信号を供給するように磁化しかつバネで連結された1対の磁石を前記超音波結合装置が有する、前記フォトレジスト現像装置。

(14) 第1項記載のフォトレジスト現像装置において、前記ウエハを保持するチャックと、前記チャックに結合された上側回転子とをさらに有する、前記フォトレジスト現像装置。

(15) 現像されるべきフォトレジスト層を回転する段

階と、前記フォトレジスト層に一定量の現像剤を噴霧する段階と、前記現像剤に超音波振動信号を加える段階と、前記フォトレジスト層の上側表面から前記現像剤を振り落とすために回転する段階と、を有する、フォトレジスト層の中の構造体を現像する方法。

(16) 第15項記載の方法において、前記現像剤に超音波振動信号を加える前記段階が前記現像剤を超音波で励振することが可能な超音波を前記フォトレジスト層に加える段階で構成される、前記方法。

10 (17) 第15項記載の方法において、前記現像剤に超音波振動信号を加える前記段階が前記フォトレジスト層を機械的に振動する形式で超音波振動信号を加える段階で構成される、前記方法。

【0026】(18) フォトレジスト層の上に一定量の現像剤を配置する段階と、前記現像剤に超音波振動信号を加える段階と、前記フォトレジスト層の上側表面から前記現像剤を振り落とす段階と、を有する、フォトレジスト層の中の構造体を現像する方法。

20 (19) 第18項記載の方法において、前記現像剤に超音波振動信号を加える前記段階が前記現像剤を超音波で励振することが可能な超音波を前記フォトレジスト層に加える段階で構成される、前記方法。

(20) 第18項記載の方法において、前記フォトレジスト層に超音波振動信号を加える前記段階が前記フォトレジスト層を機械的に振動する形式で超音波振動信号を加える段階で構成される、前記方法。

(21) フォトレジスト層12およびウエハ14を液体現像剤源の下に配置することにより、フォトレジストの現像が行われる。前記液体現像剤が前記フォトレジスト層12の上側表面13に送られて堆積した後、超音波結合装置18により超音波信号が前記フォトレジスト層12に加えられる。前記フォトレジスト層12から液体現像剤を除去するために、上側回転子16が前記フォトレジスト層12および前記ウエハ14を回転する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明により構成された超音波結合フォトレジスト現像装置の1つの実施例のグラフ。

【図2】本発明により構成された超音波結合フォトレジスト現像装置の別の実施例のグラフ。

【符号の説明】

12 フォトレジスト層

14 ウエハ

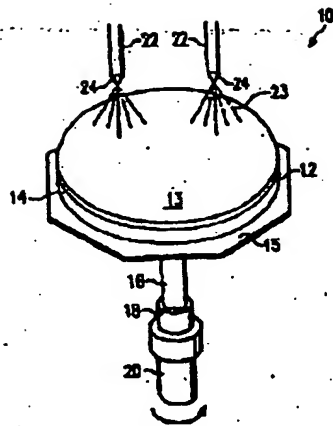
16、20 回転子

18 超音波結合装置

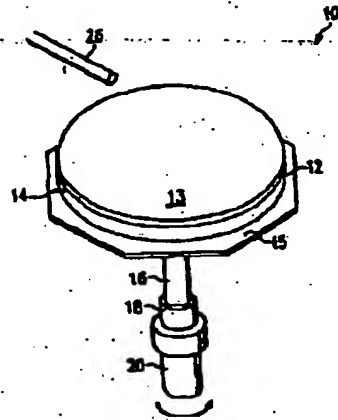
22 噴霧ノズル

26 ホース

【図1】



【図2】



DERWENT- 1997-339262

ACC-NO:

DERWENT- 199731

WEEK:

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Spin process machine for applying developer solution to photoresist layer on semiconductor wafer - has ultrasonic vibrator coupled to drive shaft of spin table having spray nozzles

PATENT-ASSIGNEE: TEXAS INSTR INC[TEXI]

PRIORITY-DATA: 1995US-005762P (October 20, 1995)

## PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 09139345	AMay 27, 1997	N/A	006	H01L 021/027
KR 97022557	AMay 30, 1997	N/A	000	G03F 007/16

## APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 09139345A	N/A	1996JP-0278276	October 21, 1996
KR 97022557A	N/A	1996KR-0046976	October 19, 1996

INT-CL (IPC): G03F007/16, G03F007/30, H01L021/027

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 09139345A

## BASIC-ABSTRACT:

An ultrasonic vibrator is coupled to the drive shaft of the spin table over which developer spray nozzles are placed.

USE - Used for photolithography in semiconductor device production.

ADVANTAGE - Photographic developing is achieved uniformly over the entire wafer surface area.

CHOSEN- Dwg.1/2  
DRAWING:

TITLE- SPIN PROCESS MACHINE APPLY DEVELOP SOLUTION PHOTORESIST  
TERMS: LAYER SEMICONDUCTOR WAFER ULTRASONIC VIBRATION COUPLE  
DRIVE SHAFT SPIN TABLE SPRAY NOZZLE

DERWENT-CLASS: G06 L03 P84 U11

CPI-CODES: G06-D06; G06-G; L04-C06B; L04-D10;

EPI-CODES: U11-C04A1C;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1997-108988

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1997-281492



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**